

巨大災害と防災兼用施設のオプション価値

—— 和歌山県の津波避難ビルを例として ——

荒 井 信 幸

はじめに

東日本大震災から3年余りが経過し、被災地では道路などのインフラの復旧が進んでいる一方、今後発生が予想されている東海・東南海・南海の3連動地震や、南海トラフ巨大地震への備えが喫緊の課題となっている。

3連動地震については従来から非常に広範囲に大規模な被害が想定され、防災対策も進められてきたが、東日本大震災を踏まえ、南海トラフ巨大地震も含め、新たな被害想定が公表され、防災計画の見直し作業が進められている。

ただ、現実の地震については、どの程度の規模のものがいつ発生するかは不確実性が高く、最大規模のものを堤防などの公共投資のみで抑えることは、技術的にも財政的にも困難である。従ってこうした大規模な災害に対しては、封じ込める防災よりも、被害を小さくする減災の考え方がより重視されるようになってきている¹⁾。

本稿では、まず過去50年程度の地震の発生規模や頻度の特性をみたあと、防災投資の純便益について概念を整理する。その後、防災兼用施設のオプション価値を概観したのち、具体的な防災兼用施設の例として、和歌山県内の津波避難ビルを取り上げる。

1. 巨大災害の発生確率と規模の関係

1.1 日本付近で発生する地震の規模と頻度

日本付近で発生する地震の多くは、単純化すれば、海側のプレートがマンツルの対流によって陸側のプレートにもぐりこみ、徐々に蓄積された歪みが解放される際に発生するとみられている²⁾。もし歪みのエネルギーがある決まった量に達したところで放出されるのであれば、地震の規模や頻度は一定の値を中心とした分布になる。典型的には期待値が一定で、発生頻度が正規分布を示すような形である。地震がこのような特性を持っているのであれば、期待値をパー

1) 巨大災害に対して「減災」という観点から必要な政策論を詳しく述べたものとしては、永松（2008）が代表的である。

2) 実際には、日本列島に影響を与える複数のプレートが関与する複雑なメカニズムであるが、ここでは単純化している。

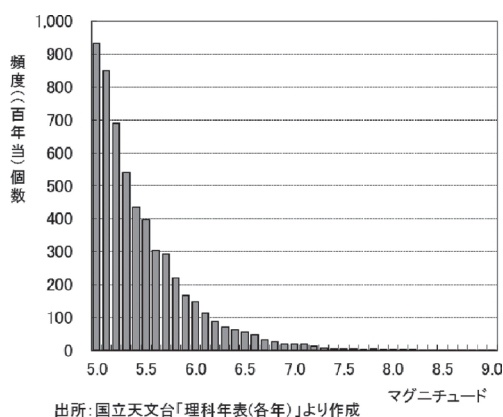
スに一定の余裕を持たせた防災対策や保険による対応が行いやすい。

しかし地震では一般的に、規模の小さいものほど発生頻度が高く、規模の大きいものは発生頻度が低いことが分かっている。ただし非常に規模の大きいものでも頻度は無視できるほど小さくはなく、稀ながら巨大な災害が発生する。

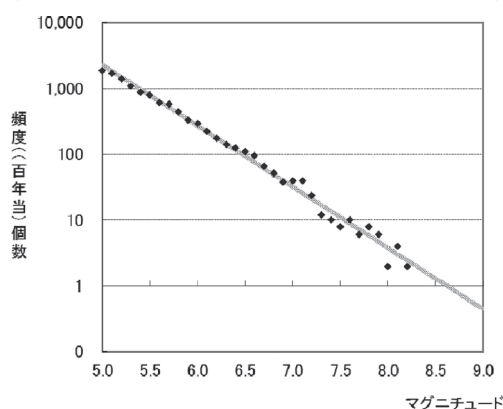
図表 1 は日本付近で、1961 年から 2010 年までの 50 年間に発生した、マグニチュード 5 以上の地震の規模（M：マグニチュード）を横軸に取り、縦軸に発生頻度（100 年当たりの発生数に換算）を描いている。双曲線に近い形状をしていることが分かる。

図表 2 は、同じデータについて、縦軸の発生頻度を対数表示で描いたもので、直線状に並んでいることが分かる³⁾。これはグーテンベルグ＝リヒターの法則として良く知られており、日本付近以外の地震でも観察されている。

（図表 1）日本付近の M5 以上の地震の規模と頻度
（1961－2010 データを 100 年当たり頻度に換算）



（図表 2）日本付近の M5 以上の地震の規模と頻度
（1961－2010 データを 100 年当たり頻度に換算。対数表示）



この 2010 年までのグラフからみても、2011 年に発生した東日本大震災（M9.0）は、飛び抜けて大規模できわめて頻度の低い地震であることが分かる。東日本大震災は、西暦 1900 年以降に発生した世界の地震の中で 4 番目の規模であり、震度（最大で 7.0）や広がり（震源域が岩手県沖から茨城県沖の長さ 450km、幅 200km に及ぶ）、津波の規模（最大潮位 9.3 m、最大遡上高 40.5 m）は、けた違いの大きさであった。

1.2 地震の規模と災害との関係

一般的に地震の規模が大きければ、それに応じて被害も大きくなるというゆるやかな傾向は存在する。東日本大震災に伴う津波の被害は甚大であり、この点では地震規模と被害の大きさ

3) 横軸のマグニチュードは、もともと地震のエネルギーを対数で表示したものであるから、図表 2 は両対数グラフとなっている。

は強い関係を持っている。

ただし、現実の建物被害や人的被害の大きさが、地震の規模と一対一で対応するわけではない。マグニチュードはあくまで地震エネルギーであるから、その地震が大きな都市から離れた海で発生する穏やかなものであれば、M7 台であってもほとんど被害が発生しない場合もある。他方、阪神・淡路大震災のように、M7.3 であっても神戸を含む阪神間の大都市直下で強い震度を伴えば、大きな被害が発生する。また関東大震災（M7.9）のように、地震に続いて発生した火災による被害が非常に大きなものになるものもある⁴⁾。また、東日本大震災でも、揺れによる建物の倒壊に伴う人的被害は、阪神・淡路大震災の時より少なかった。この違いは震度そのものの違いもあるが、その後の耐震化の進展などが影響している可能性も高い。

このように、自然災害（natural hazard）が、社会・経済的被害（disaster）をもたらすメカニズムは単純ではない。地震の発生そのものや発生場所などは、人間がコントロールできないが、被害の規模は、災害リスクを正しく認知し、適切な備え（mitigation）をするか否かで大きな違いが生まれうる。

2. 巨大災害へのリスク認知と防災投資の純便益の見方

稀な巨大災害に対して備えるのは容易なことではない。過去の経験に学ぼうとしても、発生事例が非常に古い場合、正確な記録を得ることは困難で、当時の状況が良く分からないということも多い。また、たとえリスクの存在は分かっていたとしても、巨大災害を常時念頭におきながら、日常の経済社会活動を行うのは難しい。

2.1 巨大災害へのリスク認知

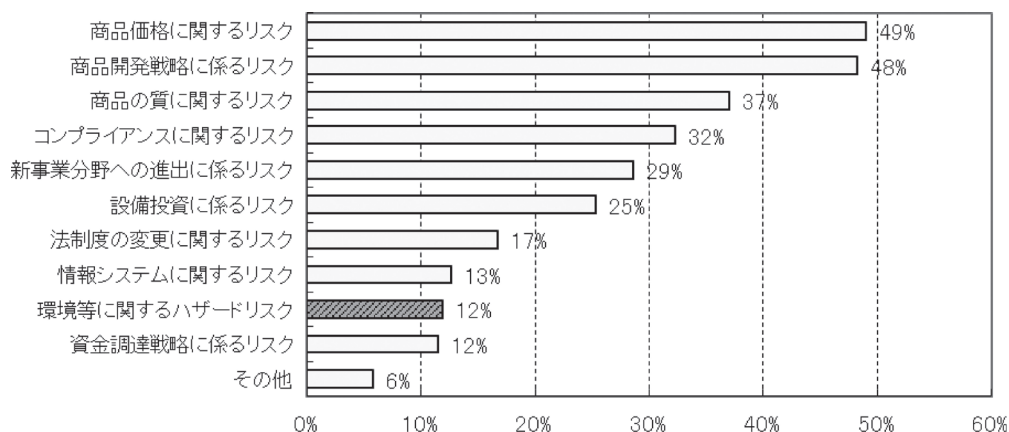
多くの場合、非常に頻度の低い災害は日常的な配慮事項とはなりにくく、日常経済活動では「ない」と意識されやすい。企業であれば、事業の浮沈や存亡を脅かすビジネス上のリスクは数多く存在し、自然災害リスクは、平常時にはそれほど重要度の高いものとは認知されない。

内閣府が 2005 年度に実施した企業行動アンケートによれば、企業がリスクと考える事項で上位を占めるのは、商品の価格や開発戦略、新規分野進出や設備投資、コンプライアンスなどであり、自然災害を含む環境リスクは、第 9 位にとどまっていた（図表 3）。この順位は、東日本大震災発生直後であれば、違っていただかも知れない。しかし調査の行われた 2005 年度が阪神・淡路大震災から 10 年余しか経っていない時期だったことを考えれば、時間の経過とともに自然災害リスクへの認知が急速に低下する可能性を、この調査は示唆しているのかも知れない。言い換えれば、巨大災害のためだけに、何か特別の備えを続けることは、現実にはかな

4) 巨大災害が及ぼす経済被害については上野山・荒井（2007）を、東日本大震災を含む経済被害については、徳井・荒井他（2012）を参照のこと。

り難しいと言える。

(図表3) 今後3年間の自社の経営に関するリスク
(重要度の高いリスク：複数回答)



出所:1.内閣府「平成17年度 企業行動に関するアンケート調査報告書」より作成。

2.対象は、上場企業、全産業(全体の回答企業数1123社)

3.「環境等に関するハザード」の選択肢には、「自然災害等」を含む

2.2 防災投資の便益評価

自然災害が発生した際に、被害を防ぐ、あるいは小さくするための備えに対する投資を、以下では防災投資と呼ぶ。地震であれば、耐震化工事、耐火工事などがあろうし、津波であれば、堤防や避難路の整備など様々なものがある。

これら防災投資による便益の評価の仕方は種々考えうる⁵⁾。しかし以下では非常に単純化したケースを考え、防災投資の便益を、防災投資によって軽減される被害額の期待値を現在価値に割り引いたものとする。以下の式は、小田他(2008)に倣って、リスク中立的な立場から、防災投資の便益をあらわしたものである⁶⁾。

$$B = \int_{t=t_0}^T (D_{w0} - D_w) \times P(t) \times e^{-rt} dt \quad \dots\dots\dots ①$$

ここで

B : 防災投資便益

D_{w0} : 防災投資未実施の被害額

5) より複雑な防災投資便益の考察は、横松宗太(2005)等を参照されたい。

6) 小田他(2008)は、同様のことを離散時間で表現しているが、ここでは単純化のために連続時間で表現している。

D_w : 防災投資実施後の被害額

$P(t)$: t 年における災害の発生確率

r : 割引率

t_0 : 防災投資時期

T : 防災投資の耐用年限

今、単純化のために割引率 (r) がゼロだとして、災害発生時の防災投資による便益が 100、発生確率が 100 年に一度 (年率 1%)、耐用年数 ($T - t_0$) が 50 年だと考えると、便益は、

$$100 \times 0.01 \times 50 = 50$$

となる。もし発生確率が千年に 1 度 (年率 0.1%) の災害に対する防災便益が 1000 であるとしても、便益は

$$1000 \times 0.001 \times 50 = 50$$

となる。

頻度が高く、1 回当たりの被害額が小さい災害の場合は、小規模な防災投資で防ぐことができるであろう。堤防でいえば、数年に一度襲来する程度の台風や高波に対応する高さの防波堤は、人々がその必要性を日常的に認知できるし、投資負担もそれほどは大きくならないであろう。

しかし 1 回当たりの被害額が大きくても非常に頻度の低い災害の場合は、それを防ぐのは容易ではない。千年に一度といった頻度で発生する大きな津波を防げるような、巨大な防潮堤への投資は非常に大きなものになる。

また長い間には、低頻度の災害が襲来する前に防災設備が耐用年数を迎える可能性が高く、一度も使われないで何度も作り直さなければならなくなる。また耐用年数の長い頑丈な施設であったとしても、時間の経過とともに守られるべき地域や災害の様相が変化したり、より良い防災技術が開発されたりする可能性もある。その意味で、防災便益も長期間を取るとかなり不確実性が高いと言える。

万が一、社会が巨大な災害を特に避けたいという、高いリスク回避度を持つ場合には、①式の基準とは別の観点から低頻度巨大災害への防災投資が正当化される可能性は否定できない。しかし現実には、投資を行う世代の人々が、自分の寿命をはるかに超える期間のうちに 1 度発生するかしないか分からないような災害に対して、膨大な投資をすることを選好するのが一般的だとは言い難い。

中央防災会議 (2011)「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会の報告」にも、「最大クラスの津波に備えて、海岸保全施設等の整備の対象とする津波高を大幅に高くすることは、施設整備に必要な費用、海岸の環境や利用に及ぼす影響などの観点から現実的ではない。(p10 ~ p11)」と記されている。

2.3 防災投資の純便益

このように、防災投資の考察に当たっては、防災便益と防災投資とのバランスを考慮する必要がある。以下では、単純化された方法で、純便益を考える。純便益はファイナンスで言えば、NPVに相当するもので、ここでは投資便益の割引現在価値から防災投資コストを差し引いたもので表す。通常のコスト便益分析では、便益をコストで割った数値が1を超えるかどうかの一つの判断基準となるが、ここでは、純便益がプラスになるかどうかで、ほぼ同様のことを考察する。

純便益を考える際、日常は利用されず（効果を発揮せず）巨大災害時のみ利用される（効果を発揮する）防災専用施設と、日常的には一般的施設としての利用便益を発生させ、巨大災害時のみ防災に利用される防災兼用施設について考える。例えば、耐震性の高い、体育館、公民館などは、通常は業務に利用しつつ、いざという時だけ、避難所として利用できる。

2.3.1 防災専用施設の純便益

防災専用施設の場合は、①式で示したように便益は災害時のみに発生する。例えば、高い堤防の便益は高潮が発生したり津波が来たりした際に発揮される。これに対し防災投資のコストは建設した段階で確定している⁷⁾。この場合の純便益を式で表すと以下の通りとなる。新たに登場した記号以外の定義は、①式と同じとする。

防災専用施設の純便益 (NB)

$$\begin{aligned}
 NB &= B - I_0 \\
 &= \int_{t=t_0}^T (D_{wo} - D_w) \times P(t) \times e^{-rt} dt - I_0 \quad \cdots \cdots \cdots ②
 \end{aligned}$$

ここで

I_0 : 初期投資コスト

2.3.2 防災兼用施設の純便益

防災兼用施設の場合は、災害時に防災施設として役立つが、災害が発生しなかった時には、一般施設として役立つ。例えば、耐震性の高い体育館などは、災害時には避難施設として使えるが、日常では体育館としての便益を生む。これらの施設では災害の発生時には、体育館として利用できなくなるが、それ以外では体育館としての便益を生む。これを式で表すと以下の通りとなる⁸⁾。

7) ここでは、津波による破損や修繕などのコストは考えないものとする。

8) この日常の利用便益という考え方の先行研究としては、小田他（2008）がある。ただ、本稿では防災便益に、日常の利用便益を単純に加えるのではなく、災害時には防災施設として「転用」されるために、防災施設として利用された場合は、日常の利用便益は発生しないと考えている。

防災兼用施設の純便益 (NB)

$$NB = B - I_0 \\ = \int_{t=0}^T \{(D_{wo} - D_w) \times P(t) + U_t \times (1 - P(t))\} \times e^{-rt} dt - I_0 \quad \cdots \cdots \cdots ③$$

ここで

I_0 : 初期投資コスト

U_t : 一般施設としての利用便益

この式から明らかなように、防災兼用施設の純便益には、災害が発生しない場合（確率 $1-P(t)$ ）の一般施設の利用便益が加わる。この式から言えることは、災害発生確率（ $P(t)$ ）が小さいほど、一般施設としての利用便益が大きくなることである。つまりめったに発生しない災害においては、防災兼用施設とすることの純便益が大きいということである⁹⁾。

3. 低頻度巨大災害への防災投資便益とオプション価値

本稿ではここまで、防災兼用施設の純便益を、災害がある確率（ p ）で発生する場合に、防災施設として確率（ p ）で利用される便益と、一般施設として確率（ $1-p$ ）で利用される便益の合計としてあらわしてきた。つまり、（ p ）が与えられた場合の、純便益の期待値を考察してきたことになる。

ここからは一歩進んで、防災兼用施設を、災害が発生した時に防災施設に転用できる「オプション」を持った施設と考えてみる¹⁰⁾。言い換えれば、その施設を防災施設として転用する便益の大きさにバラツキがある（その背後には災害の規模にバラツキがある）場合、その施設を一般施設として利用し続ける便益を超える場合に、防災施設として転用されると考える。

こうした「転用できる」というオプションの価値は、一般的なファイナンシャルオプションと同様の特徴を持っていると考えられる。以下では、防災施設としての利用便益が、防災施設への転用によって生ずるコストを超えた場合に転用される、コールオプションを持つ場合のケースとして、ファイナンスでなじみ深い記号を用いて表現する¹¹⁾。

9) ここでは、単純化のために、専用施設と兼用施設の投資額の違いや、災害発生時に生ずる機会費用以外のコストは無視している。

10) こうした非金融商品のオプションは一般的に「リアルオプション」と呼ばれている。リアルオプションについては Amram and Kulatilaka (1999), Copeland and Antikarov (2001), Mun (2002) などに、大規模プロジェクトや研究開発など様々な応用例が示されている。このうち本稿のケースは、「スイッチングオプション（切替オプション）」にやや近く、オプションの持つ特徴は本稿と共通する点が多い。（例えば、Mun (2002) 訳書 p338-342）。

11) 単純化のために、ここでは金利（割引率）は無視している。

$$C = (S, X, T, \sigma) \dots\dots\dots ④$$

ここで

C = 転用オプション価値

$S = D_{wo} - D_w$ (防災施設としての利用便益)

X = 防災施設への転用コスト \approx 機会費用としての一般利用便益 (U)

T = 防災施設への転用期限

σ = 防災施設としての利用便益のバラツキ (ボラティリティ)

この式の変数を株式のコールオプションと対応させると、 S は株価 (Value of Underlying Asset), X は行使価格 (Exercise Price または Striking Price), T はオプション満期までの期間 (Time to Maturity), σ は S のバラツキ (Volatility) である。

このうち、 S は防災施設としての利用便益であり、災害の規模を反映して変動する。 X はこの施設を防災施設として転用するためのコストである。転用コストは機会費用としての一般利用便益に近いが、災害時には多少変化する可能性がある。 S の確率変動部分を表すのが σ であり、一般的には、標準偏差で表される。

以下では、各変数がオプション価値に与える影響の方向性を表現する。これらは通常のオプションと同じである。

$$\frac{\partial C}{\partial S} > 0 \dots\dots\dots ⑤$$

$$\frac{\partial C}{\partial X} < 0 \dots\dots\dots ⑥$$

$$\frac{\partial C}{\partial T} > 0 \dots\dots\dots ⑦$$

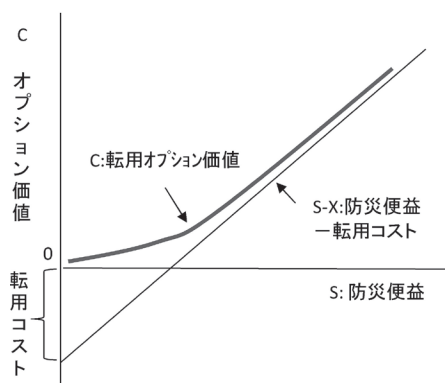
$$\frac{\partial C}{\partial \sigma} > 0 \dots\dots\dots ⑧$$

⑤～⑧の式の含意を言葉で表現すれば以下の通りである。

(1) 防災施設としての便益が大きくなるほど、オプションの価値は高くなる。(⑤式)

つまり、大きな災害が起こった時にこの防災施設によって被害が軽減される規模が大きくな

(図表4) 防災純便益と転用オプション価値



るほど、転用オプションの価値が高くなるということである。これは通常の防災投資の純便益に起こることと同じである。

(2) 転用コストが小さくなるほどオプションの価値が高くなる。(⑥式)

これは主として転用することによる機会費用、つまり転用によって犠牲になる一般利用便益が小さくなるほど、オプションの価値が高くなることを意味する。例えば、被災者が宿泊する収容施設を考えた場合、公民館や体育館などは、災害時には一般利用客は少なくなり転用コストにあたる X が小さくなるため、防災施設としてのオプション価値は高くなる。他方で病院は、災害が発生すると傷病者が患者として多く発生し医療施設としての一般利用便益の X が大きくなるため、一般被災者の収容施設として転用するオプション価値は低くなる。また災害対応の司令塔となる役場なども、一般被災者の収容施設としてのオプション価値は低くなる。

(3) 防災施設に転用できる期限が長くなるほどオプション価値は高くなる。(⑦式)

何かの協定によって転用期限が定められるとすれば、その期限が先になるほどオプション価値が高くなるということである。その施設自体の耐用年数の間中、転用の可能性があればこれは耐用年数の長い施設ほどオプション価値が高いと言える。

(4) 防災施設としての便益のバラツキが大きくなるほどオプション価値高くなる。(⑧式)

この点が、オプションの最も注目すべき点である。つまり防災便益が非常に大きかったり、小さかったりするバラツキが大きくなるほど、オプションとしての価値が高いということである。費用の方が一定だとすれば、災害規模の確率分散が大きくなるほどオプション価値が高くなることを意味する。さらに言い換えれば、いつ、どの程度の規模のものが発生するかという確率が大きくばらついている巨大地震などの場合、オプションの価値が高くなるということである。この点は、期待値だけをみる通常の純便益の考えでは考慮されない点である。

4. 防災兼用施設の例～和歌山県の津波避難ビルのケース～

4.1 巨大地震津波と和歌山県

和歌山県は太平洋に面して長い海岸線があり、来るべき東海・東南海・南海の3連動地震や、南海トラフの巨大地震に伴って、大きな津波災害が懸念されている。内閣府の想定を受けて、和歌山県でも独自の津波浸水想定を作成し、2013年3月28日に公表した(図表5)。

これによれば、津波高には大きな幅があるものの、最短津波到達時間は、3連動地震で5分、南海トラフの巨大地震では3分と、地域によっては非常に短時間に津波が到達すると想定されている。

(図表5) 和歌山県の津波浸水想定 (2013年3月28日公表)

	3連動地震 (H25 和歌山県)	南海トラフの巨大地震	
		H24 内閣府	H25 和歌山県
地震規模	Mw8.7	Mw9.1	Mw9.1
最大津波高	5 m～10 m	8 m～20 m	8 m～19 m
平均津波高	4 m～7 m	6 m～14 m	6 m～14 m
想定浸水区域	5,660 ha	10,660 ha	12,620 ha
最短津波到達時間	第1波最大津波高：5分	津波高1 m：2分	津波高1 m：3分

出所：和歌山県「南海トラフの巨大地震」及び「東海・東南海・南海3連動地震」による津波浸水想定について」

4.2 津波避難ビルに対する基準

津波が発生した場合、十分な高さがある近くの高台に逃げられるのが最善である。津波のエネルギーによる倒壊のリスクがない上、津波の高さが想定を上回った場合でも、さらに高いところに避難できるからである。

しかし図表5で見ると、最も早く地震が到来すると想定されている地域では、地震発生から5分以内に津波が襲うと想定されている。地震発生時に市街地において、すぐに逃げ込めるような高台がない場合、次善の策としては、高くて頑健な建物の上層階や屋上に逃げ込むことが望ましい¹²⁾。こうした非常時のために逃げ込めるビルとして、指定を受けているのが「津波避難ビル」である。

津波避難ビルに求められる要件は、2005年の内閣府「津波避難ビル等に係るガイドライン」に具体的に記載されている。しかし2011年の東日本大震災の大津波の教訓から、津波避難ビルにはより高い安全度が求められるようになっている。

東日本大震災は、震災前に三陸沖で想定されていた地震津波規模をはるかに上回るものであったため、ハザードマップで浸水地域と想定されていなかった多くの地域も浸水して甚大な被害が発生した¹³⁾。津波避難ビルの中にも冠水して、十分に役目を果たせなかったものもある。しかし、津波の被害の大きかった地域においても、いくつかのビルは避難先として機能しており、高台まで距離のある地域においては重要な施設である¹⁴⁾。

中央防災会議(2011)「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告」には、「津波避難ビル等は、避難者の命を確実に守る上で重要な役割を果たすものである。今回の津波による浸水深、浸水域、建築物・津波避難ビル等の被災状況などを十分に

12) 牛山他(2004)は、1993年の北海道南西沖地震津波においては、奥尻島青苗地区に津波が襲来したのが地震発生後約5分後であったことから、高台に避難できるだけの時間的余裕がなかった可能性を示唆している。

13) 東日本大震災の津波による建物被害については、田村他(2012)が女川町、気仙沼町、陸前高田市、石巻市について実地調査報告をしており、津波避難ビルに求められる要件を指摘している。

14) 南三陸町の建物災害と避難ビルの有効性については、大原他(2012)に詳しく述べられている。

踏まえ、最大クラスの津波に対して必要な強度で必要な数が確保されるよう、津波避難ビル等の指定要件や構造・立地基準を見直し、その整備を促進するべきである。(p21)」と記されている。

こうしたことを受けて、従来のガイドラインを補足する形で、2011年11月に国土交通省住宅局長(2011)により、構造上の要件などの見直しがなされている。

4.3 津波避難ビルと和歌山県内の指定状況

和歌山県では、2013年10月1日現在、県下16の市町村で、166棟の津波避難ビルが指定されている¹⁵⁾。図表6は、2011年6月末、2011年10月末、2013年10月1日現在の、和歌山県内の津波避難ビル数を、市町村別にみたものである。2011年3月の東日本大震災を受けて、和歌山県でも同年後半にかけて指定ビル数は大幅に増加し、その後も着実に増えている。

(図表6) 和歌山県内の津波避難ビル等指定数の推移

市町村	2011年 6月末 合計	2011年 10月末 合計	2013年 10月1日 合計	(津波) 緊急避難先レベル別		
				☆☆☆	☆☆	☆
和歌山市	28	39	32	4	6	22
海南市	17	16	22	0	7	15
御坊市	11	18	17	0	16	1
田辺市	2	2	10	0	8	2
新宮市	0	17	8	5	3	0
湯浅町	0	4	9	0	6	3
広川町	4	5	3	0	0	3
美浜町	4	5	4	0	4	0
由良町	7	7	7	0	5	2
白浜町	4	5	5	1	4	0
すさみ町	13	16	16	0	2	14
太地町	3	3	3	0	0	3
串本町	7	7	5	0	0	5
古座川町	1	1	1	0	0	1
みなべ町	n.a.	n.a.	4	0	0	4
那智勝浦町	n.a.	n.a.	20	1	1	18
合計	101	145	166	11	62	93

(注) 2013年10月1日の数値は、津波に対する緊急避難先レベル(☆, ☆☆, ☆☆☆)指定のあるビルのみを対象としている。

出所: 2011年6月末、2011年10月末は国土交通省資料、2013年10月1日は、和歌山県総務部危機管理局総合防災課「避難先情報一覧」より作成。

15) 図表6の2013年10月1日現在の指定棟数については、和歌山県のHP「防災わかやま」に掲載されている自治体別の避難先情報一覧において、津波避難ビルに指定されている建物のうち、避難所区分に「津波」と分類されている(=緊急避難先レベル指定のあるビル)を、筆者が数え上げた数値である。

また、和歌山県では、避難施設や場所を、安全性のレベルに応じて3つに区分し、☆の数で表している。

☆（レベル1）は浸水の危険がある地域に、時間的に緊急避難先（レベル2, 3）に避難する余裕がない場合に対応するための緊急避難先として指定。

☆☆（レベル2）は浸水予測近接地域に、緊急避難先（レベル3）へ避難する余裕がないときの緊急避難先として指定。

☆☆☆（レベル3）は、浸水の危険性がない地域に、より標高が高くより離れた安全な場所を指定している。

4.4 津波避難ビルの転用オプションとしての特徴

津波避難ビルも、本稿の3. で見たような防災施設への転用オプションのある建物と考えることができる。オプションが持つ一般的な特性から、津波避難ビルを考察した場合、例えば以下のような諸点が指摘できる。

(1) 津波避難ビルへの転用オプション価値が、津波避難ビルになるための追加投資額を上回れば、津波避難ビルになることが社会的には望ましい。

ある程度の高さを持ったビルの場合はある程度の頑健性を持っていると考えられ、津波避難ビルになるために必要とされる追加投資は限定的なものとなるであろう。従ってこの条件をクリアすることは概念上それほど困難ではないかもしれない。ただし現実には転用オプション価値を具体的に数値化することはそれほど単純ではない点には留意が必要である。

また津波避難ビルは、利用者が地域住民であるのに対し、オプションを提供するのがビルのオーナーである点にも留意する必要がある。こうした外部性が存在するため、社会的には津波避難ビルに転用されるオプション価値が、追加投資額を上回ったとしても、津波避難ビルへの指定が円滑に進まない恐れもある。この点ではビル所有者の理解と地域の支援が必要であろう。

(2) 津波避難ビルへの転用コストは、限定的と考えられる。

例えば津波発生時に、ビルの屋上に人々が避難したとしても、転用に伴う機会費用はそれほど大きくないと考えられる。津波避難ビルの場合は水がひけば、一時的に避難していた住民も、その後の支援の受けやすい避難所に移ることができると考えられる。こうしたことから、津波避難ビルとしての要件は、そのビルが防災便益を持つか否か、つまり十分な高さがあるか、他の避難場所と比較して時間的制約から望ましいかどうか非常に重要だと言える。

(3) 津波が襲来した段階で、転用か非転用かのオプションの期限はすぐに訪れる。

これは、津波の発生によって転用オプションの期限が短期化することを意味する。つまり転

用に手間取っている間に津波が襲来してしまえば、せっかくのオプションも、期限が過ぎて価値はゼロになってしまう。つまり必要な時に、迅速に避難者を受け入れられるよう、転用できる体制が整っていることが重要である¹⁶⁾。

4.5 津波避難ビルの整備に向けた課題

公的施設を津波リスクの高い地域に整備する場合は、津波避難ビルとしての使えるような階段や避難スペースを考慮して建設される場合も多い。国の合同宿舎や県営住宅などでも、十分な階高と頑健さを持つ建物に開放性の高い外階段などを整備して近隣住民が避難できる施設として整備されているものも増えている。

しかし公共施設だけでは津波避難ビルは足りず、民間の建物も多く指定されている。こうしたビルはもともと津波避難ビルとして建築されたものばかりではないが、構造上の要件を満たしビルの所有者が津波避難ビルとして同意して、指定されたものである。

高台にまで避難するだけの時間がない地域においては、津波避難ビルがある程度の密度で分布している必要がある。しかし低層住宅が広がる地域で、高い建物の採算性が低い場合には、必要な数が確保しにくい。

内閣府と国土交通省が2011年12月に公表した「『津波避難ビル等』に関する実態調査結果について」によれば、津波避難ビル等の指定にあたっての課題が指摘されている。その中には、「相応しい建物の確保」、「鍵の管理」、「居住者や所有者の同意確保」、「改修費用」、「住民・観光客への周知」に関する問題など、幅広い課題が含まれている。

こうした課題を解決しつつ、津波避難ビルが普及していくためには、ビル所有者の理解と、その社会貢献を地域が十分に認識し、適切な支援をしていくことが重要である。しかしビルの普及だけでは十分ではない。避難ビルの場所の幅広い認知や、避難訓練などを通じた避難ルートの確認など、津波避難ビルの持つオプションの価値が十分に生かされるような仕組みづくりが重要である。

結 論

東日本大震災を受けて、稀な大災害に対する関心が高まっている。しかし稀な巨大災害に対する防災投資は非常に大きなものとなるため、純便益をプラスにすることは容易ではない。これに対して、日常的に一般利用便益がある施設を、災害時に防災施設として転用することがで

16) 本稿の視点とはやや異なるが、個々の住民にとって複数の避難場所が選択可能である場合は、避難場所選択のオプションを持っていることになる。この場合は避難開始時から津波到来までの間に避難できる距離内の避難場所にオプションは限られる。その範囲で、最も安全性の高い避難場所を選ぶのが最適となり、選ばれなかった避難場所の安全性が機会費用になる。

できれば、投資負担は相当小さくすることができる。こうした転用可能性は、オプションと考えられ、そのオプション価値は、稀な巨大災害のように被害の不確実性が高いほど大きくなるという特徴を持っている。津波避難ビルはその一例であり、和歌山県内でも避難可能時間と安全性の両面から検討、整備が進められている。今後、オプション価値という観点からも津波避難ビルの有用性が広く認識され、さらなる整備が進んでいくことが望まれる。

参考文献

- ・上野山智也・荒井信幸（2007）「巨大災害による経済被害をどうみるかー阪神・淡路大震災，9/11 テロ，ハリケーン・カトリーナを例としてー」内閣府経済社会総合研究所『ESRI Discussion Paper』No.177
- ・牛山素行，金田資子，今村文彦（2004）「防災情報による津波災害の人的被害軽減に関する実証的研究」日本自然災害学会『自然災害科学』Vol.23, No.3, pp.433-442
- ・大原三保，牧之段浩平，佐藤孝紀（2012）「津波避難所および津波避難ビルの減災効果に関する一考察」東京大学生産技術研究所『生産研究』64 巻 6 号 pp839-842
- ・小田勝也・岡本修他（2008）「低頻度メガリスク型沿岸域災害対策の評価手法に関する研究」土木学会第 38 回土木計画学研究発表会（2008.11）
- ・国土交通省住宅局長「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（技術的助言）」（2011 年 11 月 17 日）
- ・国立天文台「理科年表」（各年）
- ・田村修次（2012）「東日本大震災の津波による建築被害」京都大学『京都大学防災研究所年報』第 55 号 A
- ・中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会の報告」（2011 年 9 月 28 日）
- ・徳井丞次・荒井信幸・川崎一泰・宮川努・深尾京司・新井園枝・枝村一磨・児玉直美・野口尚洋（2012）「東日本大震災の経済的影響－過去の災害との比較，サプライチェーンの寸断効果，電力供給制約の影響－」独立行政法人経済産業研究所『RIETI Policy Discussion Paper Series 12-P-004
- ・内閣府「津波避難ビル等に係るガイドライン」（2005 年 6 月）
- ・内閣府・国土交通省（2011）「『津波避難ビル等』に関する実態調査結果について」
- ・永松伸吾（2008）『減災政策入門』弘文堂
- ・横松宗太（2005）「カストロフリスクと経済評価」多々納裕一・高木朗義編著『防災の経済分析』勁草書房
- ・和歌山県 HP「防災わかやま『防災・減災対策の総点検で見直した避難先情報』<http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/011400/info/index5.html>
- ・和歌山県 HP「防災わかやま『平成 25 年和歌山県津波浸水想定について』」<http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/011400/bousai/130328/sinsui.html>
- ・Amram M. and Kulatilaka N. (1999), *Real Options*, Harvard Business School Press in Boston, MA（アムラム／クラティラカ著，石原雅行ほか訳『リアル・オプション』東洋経済新報社 2001）
- ・Copeland T. and Antikarov V. (2001), *Real Options: A Practitioner's Guide, Texere*, (コーブランド／アンティカロフ著，栃本克之監訳『リアル・オプション』東洋経済新報社，2002）
- ・Mun J. (2002), *Real Options Analysis*, John Wiley & Sons（ジョナサン・マン著，川口有一郎監修『実践リアルオプションのすべて』ダイヤモンド社 2003）

以上

Catastrophe and the Option Value of Disaster Prevention Facilities: A Case Study of Tsunami Refuge Buildings in Wakayama Prefecture

Nobuyuki ARAI

Abstract

The Great East Japan Earthquake has drawn attention to rare and serious catastrophes. As investment to prevent catastrophic disaster is expensive, such investment would not be justified by standard cost-benefit analysis. But if some facilities for daily use can also be used for disaster prevention, the option value could exceed the cost of investment. The option value increases based on the potential spread of the catastrophe. Tsunami refuge buildings are one example of these kinds of facilities, and in Wakayama Prefecture, the number of tsunami refuge buildings has been increasing. In order to promote more investment, a broad understanding of their option value is important.